

УДК 629.735.083.06

Аль-Аммори Али, к.т.н. (Сирия)

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАБИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ

Рассмотрены вопросы повышения эффективности мало мощных и мощных потребителей электроэнергии с помощью последовательного и параллельного подключения импульсных стабилизаторов.

Розглянуто питання підвищення ефективності малопотужних та потужних споживачів електроенергії за допомогою послідовного та паралельного підключення імпульсних стабілізаторів.

In work the questions of increase of efficiency of low-powered and powerful users of electric power are examined by the successive and parallel connecting of impulsive stabilizations.

**импульсный стабилизатор, информационно-управляющая система, параллельное подключение, параллельно-последовательное подключение**

### Постановка проблемы

С целью повышения надежности и безопасности полетов целесообразно применять стабилизированный источник электропитания с высокой эффективностью и технической надежностью.

Если микропроцессорная система (МПС) использует электропитание с низким уровнем стабилизации, то она будет давать сбои в работе. Это снижает техническую надежность бортового оборудования воздушных судов (ВС) и отрицательно влияет на безопасность полетов.

**Цель работы** – обосновать оптимальную структуру стабилизации напряжения электропитания микропроцессорных и вычислительных систем на борту ВС для обеспечения эффективности процессов управления.

### Способы повышения эффективности электропитания

Для повышения коэффициента полезного действия (КПД) источников электропитания широко применяются импульсные стабилизаторы напряжения (рис. 1).

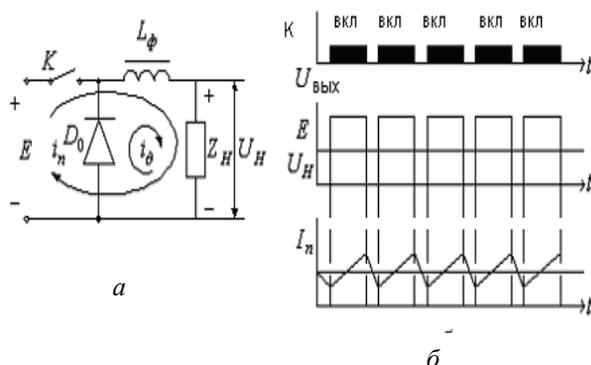


Рис.1. Однокаскадный импульсный стабилизатор напряжения:

*a* – принципиальная схема однокаскадного импульсного стабилизатора напряжения;  
*б* – диаграмма работы

Диод  $D$  открывается только при выключающемся ключе  $K$  импульсной подачи напряжения от источника  $E$  к нагрузке  $Z_H$  и предназначен для разряда электроэнергии, накопленной в индуктивности фильтра  $L_\phi$  во время подачи напряжения от источника  $E$ , когда включается ключ  $K$  в импульсном режиме работы.

Ток нагрузки  $I_H$  колеблется относительно среднего значения

$$I_H = \frac{U_H}{R_H},$$

где

$U_H$  – напряжение нагрузки;

$R_H$  – активное сопротивление нагрузки.

Как правило, напряжение нагрузки в два раза меньше напряжения  $E$  источника.

Ток  $I_H$  состоит из участков экспонент нарастания и убывания с постоянной времени  $\tau$ , которая определяется выражением

$$\tau = \frac{L_\phi + L_H}{R_H},$$

где

$L_H$  – индуктивность нагрузки.

Для повышения коэффициента стабилизации применяется последовательное подключение импульсных стабилизаторов, как это показано на рис. 2.

Персональные, бортовые компьютеры и вся цифровая электронная техника требуют высокостабилизированного электропитания.

Стабилизация электропитания, как правило, связана с большими потерями мощности. Стабилизаторы имеют низкий КПД, что приводит к высоким непроизводительным расходам.

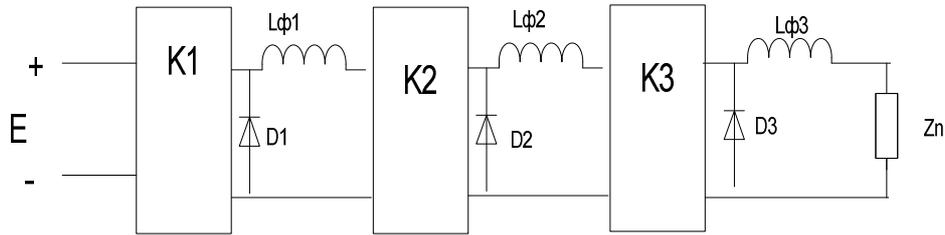


Рис. 2. Одноканальный многокаскадный импульсный стабилизатор напряжения

Для обеспечения энергосохраниющей технологии стабилизированного электропитания можно использовать многокаскадные последовательные стабилизаторы напряжения.

Из работ [1 – 3] известно, что однокаскадный стабилизатор напряжения имеет низкий уровень КПД  $V(n)$ , который определяется, как функция от коэффициента  $n$  стабилизации, по формуле:

$$V(n) = \frac{(U_H + \Delta U_H) \cdot I_H}{(n \cdot \Delta U_H + U_H) \cdot I_H}, \quad (1)$$

где

$n$  – коэффициент стабилизации;

$U_H, I_H$  – напряжение и ток нагрузки;

$\Delta U_H$  – нестабильность напряжения на выходе стабилизатора.

Коэффициент стабилизации напряжения  $n$  для однокаскадного стабилизатора можно определить, как отношение нестабильности  $\Delta V_{\text{вх}}$  напряжения на входе к допустимой нестабильности напряжения  $\Delta U_H$  на нагрузке:

$$n = \frac{\Delta V_{\text{вх}}}{\Delta U_H}.$$

Формулу (1) можно упростить, разделив числитель и знаменатель на  $\Delta U_H$  и на  $I_H$ :

$$V(n) = \frac{y+1}{y+n}, \quad (2)$$

где

$$y = \frac{U_H}{\Delta U_H}.$$

Коэффициент стабилизации  $n(k)$  многокаскадного стабилизатора, который состоит из  $k$  последовательно подключенных стабилизаторов, можно определить по формуле

$$n(k) = m^k,$$

где  $m$  – коэффициент стабилизации в каждом  $i$ -м каскаде, который определяется отношением нестабильности  $\Delta U_i$  напряжения на входе  $i$ -го каскада к нестабильности  $\Delta U_{i+1}$  напряжения на его выходе:

$$m = \frac{\Delta U_i}{\Delta U_{i+1}}.$$

Требуемую величину коэффициента  $m$  стабилизации  $i$ -го каскада можно определить в соответствии с выражением:

$$m = \sqrt[k]{n}. \quad (3)$$

В соответствии с формулой (2) коэффициент полезного действия  $V(n, k)$  можно также определить согласно выражению:

$$V(k) = \left( \frac{\frac{y+1}{k}}{\frac{y}{k} + m} \right)^k \quad (4)$$

Используя формулу (3), выражение (4) можно преобразовать таким образом:

$$V(n, k) = \left( \frac{y+k}{y+k \cdot \sqrt[k]{n}} \right)^k \quad (5)$$

Выражение (5) определяет КПД  $V(n, k)$ , как функцию от требуемого коэффициента стабилизации напряжения  $n$  и от числа последовательно подключенных стабилизаторов  $k$ .

Целесообразно найти соотношение  $b(n, k)$  КПД  $V(n, k)$  многокаскадного стабилизатора и КПД  $V(n)$  однокаскадного стабилизатора, разделив  $V(n, k)$ , определяемое выражением (5), на  $V(n)$ , которое определяется формулой (2):

$$b(n,k) = \frac{(y+k)^k \times (y+n)}{(y+k\sqrt[k]{n})^k \times (y+k)}. \quad (6)$$

Отношение  $b(n,k)$ , определяемое формулой (6), показывает, во сколько раз увеличивается КПД  $V(n,k)$  при многокаскадном подключении стабилизаторов по сравнению с КПД  $V(n)$  для однокаскадного стабилизатора. Расчеты показывают, что КПД можно увеличить в три раза для трехкаскадного стабилизатора по сравнению с однокаскадным (рис. 3).

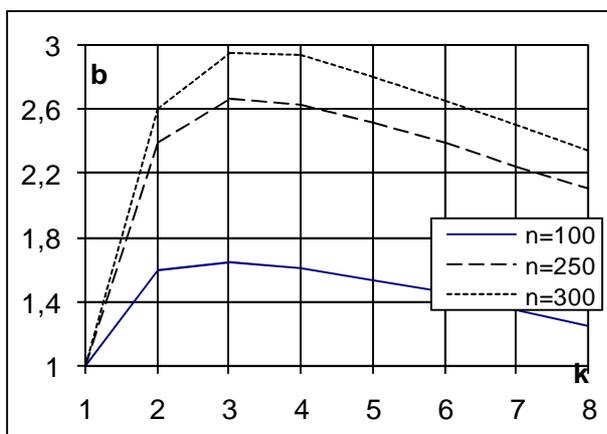


Рис.3. Графические зависимости от числа  $k$  отношения  $b(n,k)$  КПД многокаскадного к КПД однокаскадного стабилизатора напряжения

На рис. 3 изображены зависимости  $b(n,k)$ , полученные для коэффициентов стабилизации  $n=100, n=250, n=300$  и числа каскадов, изменяющихся в пределах  $k=1-8$  в соответствии с формулой (6).

Оптимальным числом  $k_{\text{opt}}$  последовательно подключенных каскадов является  $k_{\text{opt}}=3$ , а экономический эффект от последовательного подключения стабилизаторов повышается с увеличением требуемого коэффициента  $n$  стабилизации.

Если считать, что используемая мощность  $p$  соответствует заданному КПД  $V(n,k)$ , то потери мощности  $\Delta p$  будут пропорционально зависеть от величины  $1-V(n,k)$ .

Составим уравнение пропорциональности:

$$\frac{1-V(n,k)}{V(n,k)} = \frac{\Delta p}{p}. \quad (7)$$

Из формулы (7) можно легко определить зависимость мощности потерь  $\Delta p(n,k)$  от требуемого коэффициента стабилизации  $n$  и числа последовательно подключенных стабилизаторов  $k$  в соответствии с формулой

$$\Delta p(n,k) = \frac{(1-V(n,k))p}{V(n,k)}. \quad (8)$$

Из выражения (8) следует, что потери мощности при низком КПД  $V(n,k)$  пропорционально увеличиваются при повышении используемой мощности  $p$ .

Можно считать, что потери мощности  $\Delta p(n,k)$  с одним стабилизатором будут больше, чем потери мощности при применении  $k$  последовательно подключенных стабилизаторов. При этом соотношение  $W(n,k)$ , определяемое формулой

$$W(n,k) = \frac{\Delta p(n,1)}{\Delta p(n,k)}, \quad (9)$$

будет представлять экономическую эффективность применения многокаскадного подключения стабилизаторов.

Если подставить в формулу (9) значение мощности потерь  $\Delta p(n,k)$  из формулы (8), то можно определить зависимость экономического выигрыша  $W(n,k)$  от КПД  $V(n,k)$  в соответствии с выражением

$$W(n,k) = \frac{(1-V(n,1)) \cdot V(n,k)}{V(n,1) \times (1-V(n,k))}. \quad (10)$$

В соответствии с формулами (5) и (10) на графиках (рис. 4, 5) показаны зависимости КПД  $V(n,k)$  и экономической эффективности  $\Delta W(n,k)$  от заданного коэффициента  $n$  стабилизации и числа  $k$  последовательно подключенных стабилизаторов напряжения.

Графические зависимости КПД  $V(n,k)$  и экономической эффективности  $\Delta W(n,k)$  стабилизации напряжения, изображенные на рис. 4, получены при исходных значениях коэффициента стабилизации  $n=100, 250, 300$  и числа каскадов последовательного подключения стабилизаторов  $k$ , изменяемого в пределах  $k=1-8$ .

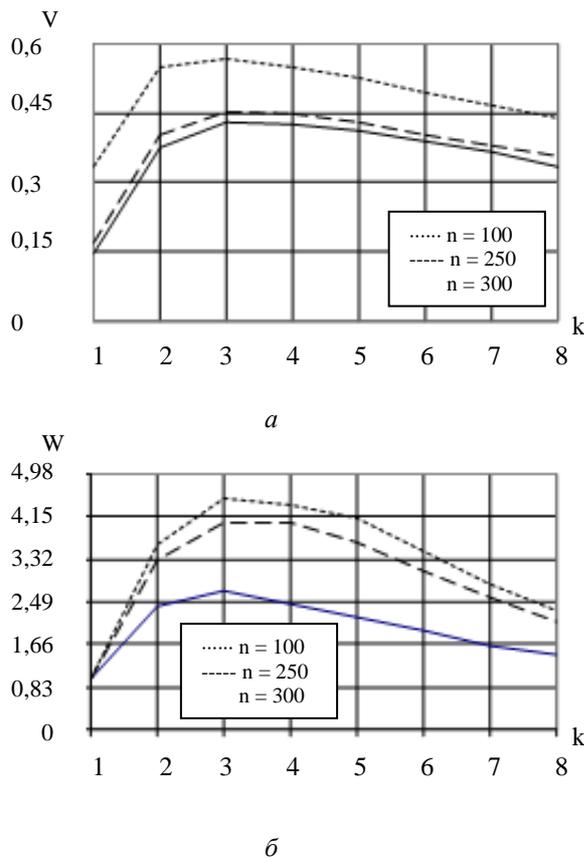


Рис. 4. Зависимости отношения  $V(n, k)$  КПД (а) и экономической эффективности  $\Delta W(n, k)$  многокаскадного стабилизатора напряжения (б) от числа каскадов  $k$

Как видно из графиков (рис. 4), непроизводительные потери мощности уменьшаются более чем в четыре раза при  $k = 3$  последовательно подключенных стабилизаторов.

При увеличении числа компьютеров величина потребляемой энергии увеличивается, и поэтому целесообразно применять параллельно-последовательное подключение импульсных стабилизаторов напряжения (рис. 5).

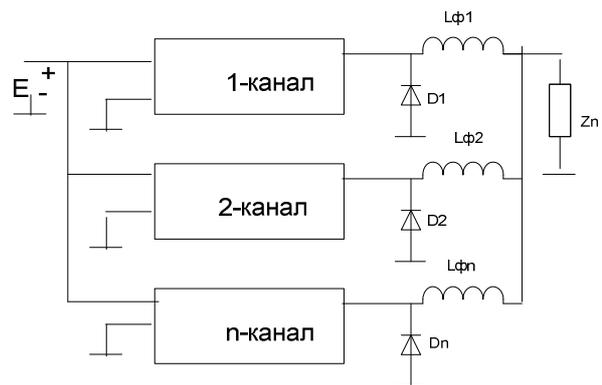


Рис. 5. Многоканальный параллельно-последовательный импульсный стабилизатор напряжения

Широкое применение последовательного и параллельно-последовательного подключения импульсных стабилизаторов напряжения приобретает все большее экономическое значение.

### Выводы

Исследование данной проблемы показывает:

- для маломощных потребителей электроэнергии целесообразно применять последовательно подключенные импульсные стабилизаторы;
- для мощных потребителей электроэнергии целесообразно использовать параллельно-последовательно подключенные импульсные стабилизаторы.

### Литература

1. Основы промышленной электроники / В.Г. Герасимов, О.М. Князьков, А.Е. Краснопольский, В.В. Сухоуков / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Высш. шк., 1986. – 336 с.
2. Электронные промышленные устройства / В.И. Васильев, Ю.М. Гусев, В.Н. Миронов и др. – М.: Высш. шк., 1988. – 303 с.
3. Прозоров С.Е. Цифровые вычислительные системы авиационных комплексов: учеб. пособие / С.Е. Прозоров. – К.: КИИГА, 1990. – 160 с.